Construire une éolienne à axe vertical

Une éolienne à vitesse constante



Présentation

Cette fiche contient les plans pour vous fabriquer une petite éolienne à vitesse constante. Le but est d'arriver à la faire avec du matériel de récupération. Elle est capable de faire débiter entre 600 et 700 watts à un alternateur par un vent de seulement 30 km/h. Peu importe d'où vient le vent, de part sa conception, elle est toujours au top. Un astucieux système de régulation automatique permet d'assurer une rotation à peu près constante quelle que soit la vitesse du vent. De plus, elle se bloque automatiquement en cas de forte tempête. Pour info, le principe de l'éolienne à axe vertical fut breveté par un ingénieur français nommé Georges Darrieus en 1931.

Principe de fonctionnement

Quatre pales en forme de godet tournent sous l'action du vent (fig. 10). Elles se placent automatiquement dans la meilleure position en fonction de sa force et transmettent ainsi une vitesse constante à l'axe vertical. Par brise légère, les pales s'ouvrent au maximum. Lorsque le vent souffle fort, elles tendent à se refermer. A noter que le couple maximum appliqué sur l'axe se produit lorsqu'elles sont aux trois quarts fermées. Si le vent devient encore plus violent, les pales se ferment complètement et se rouvrent sous l'effet de ressorts dès qu'il faiblit (fig. 9).

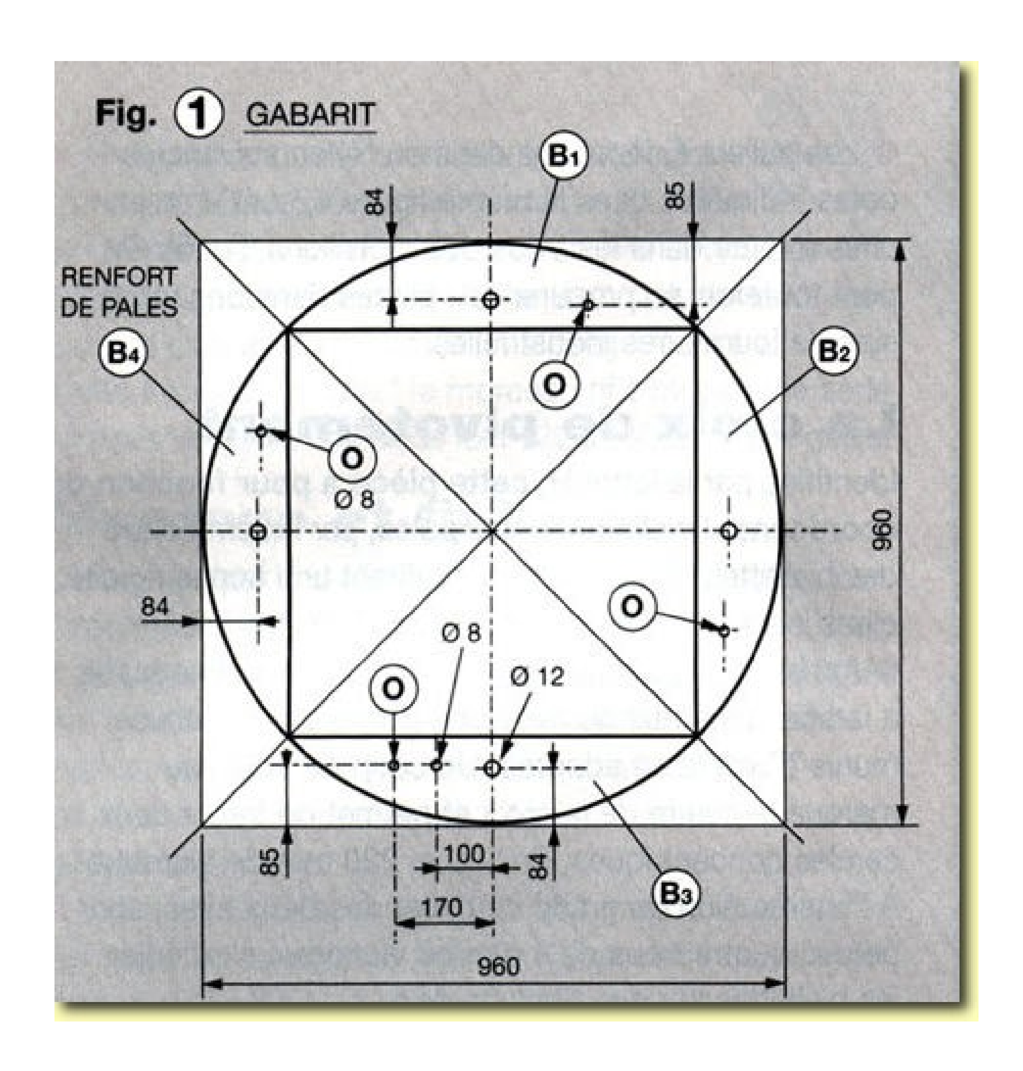
Liste des matériaux

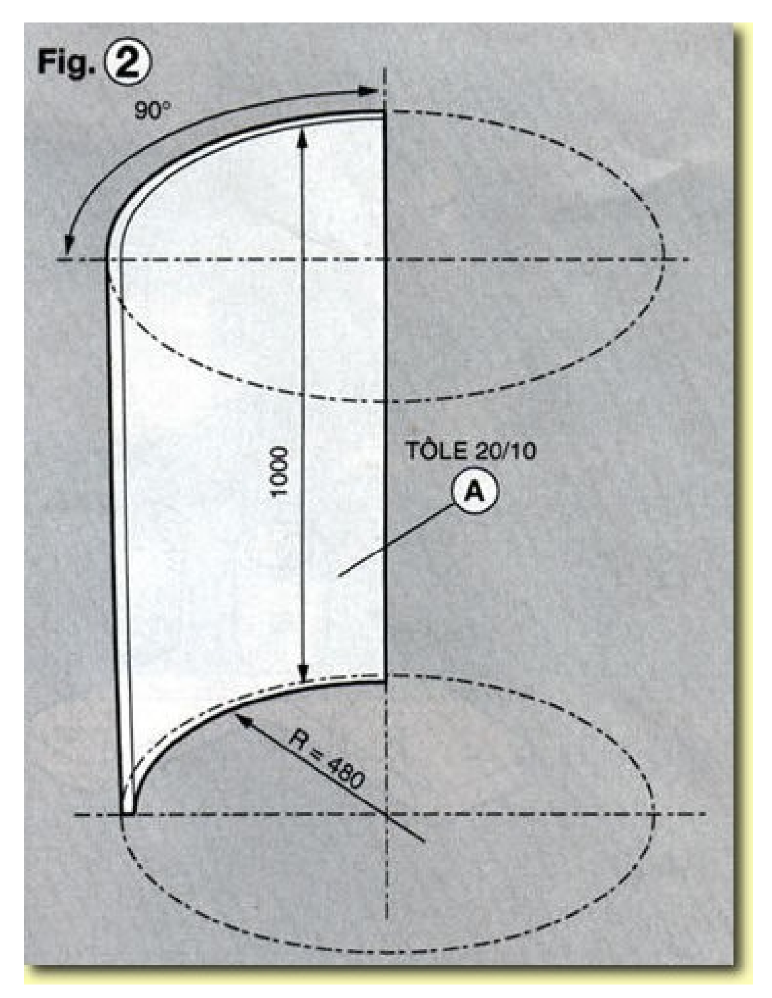
- 4 feuilles de tôle d'acier doux en 20/10 de 1000 x 750 mm
- 8 feuilles de tôle d'acier doux en 20/10 de 700 x 150 mm
- 3,5 m de fer plat de 80 x 5 mm
- 1 tôle de 320 x 320 de 5 mm d'épaisseur
- 1,4 m de fer plat de 30 x 5 mm
- 16 cm de fer plat de 20 x 4 mm
- 15 cm de fer rond de 50 mm
- 1 morceau de tube d'acier de diamètre 38 x 50 mm
- 1 morceau de tube d'acier de diamètre 20 x 80 mm
- 1 rondelle de nylon diamètre 60, épaisseur 8 mm environ
- 1 butée à billes
- 1 roulement à billes diamètre 30
- 8 vis diamètre 12 x 40 mm, avec écrous de 12 et rondelles
- 8 vis diamètre 8 x 15 mm + écrous et contre écrous de 8
- 4 vis diamètre 8 x 10 mm

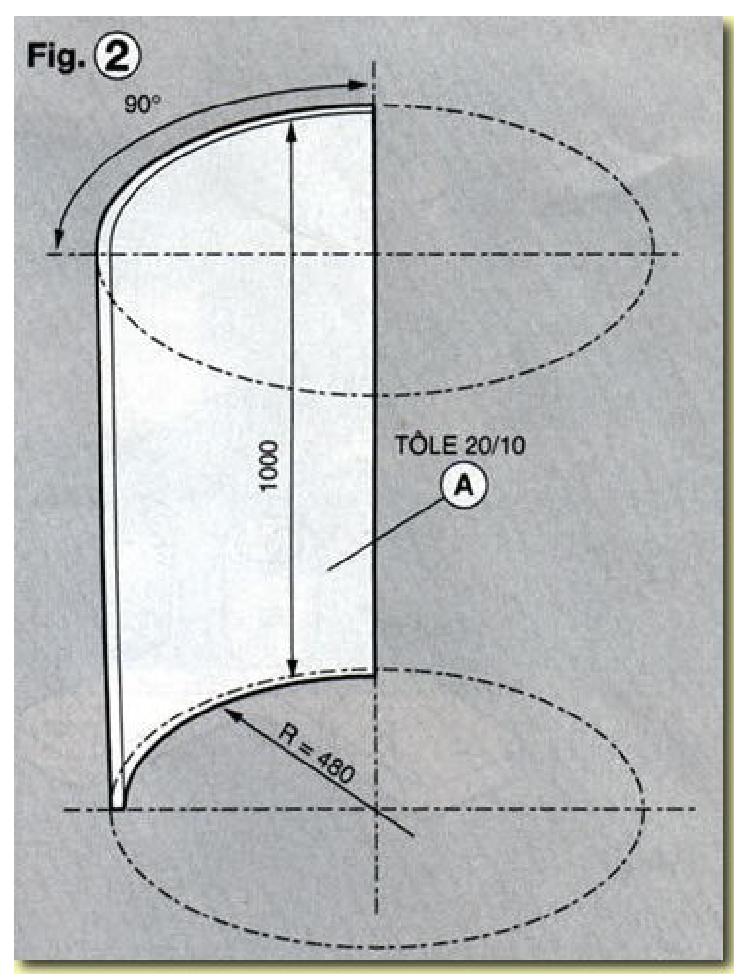
- 2 ressorts de traction diamètre de fil 3 mm, diamètre extérieur 30 mm, longueur 330 mm
- 1 barre d'acier (comprimé) diamètre 30 mm x 1950 mm
- 9 m de cornière perforée de 50 x 50 mm
- 1 plaque de tôle de 700 x 190 mm

Construction des pales

Elles sont au nombre de quatre et sont taillées dans de la tôle de 2 mm d'épaisseur. Elles sont chacune découpées dans une plaque de 100 x 75 cm et sont cintrées dans un rayon de 480 mm.

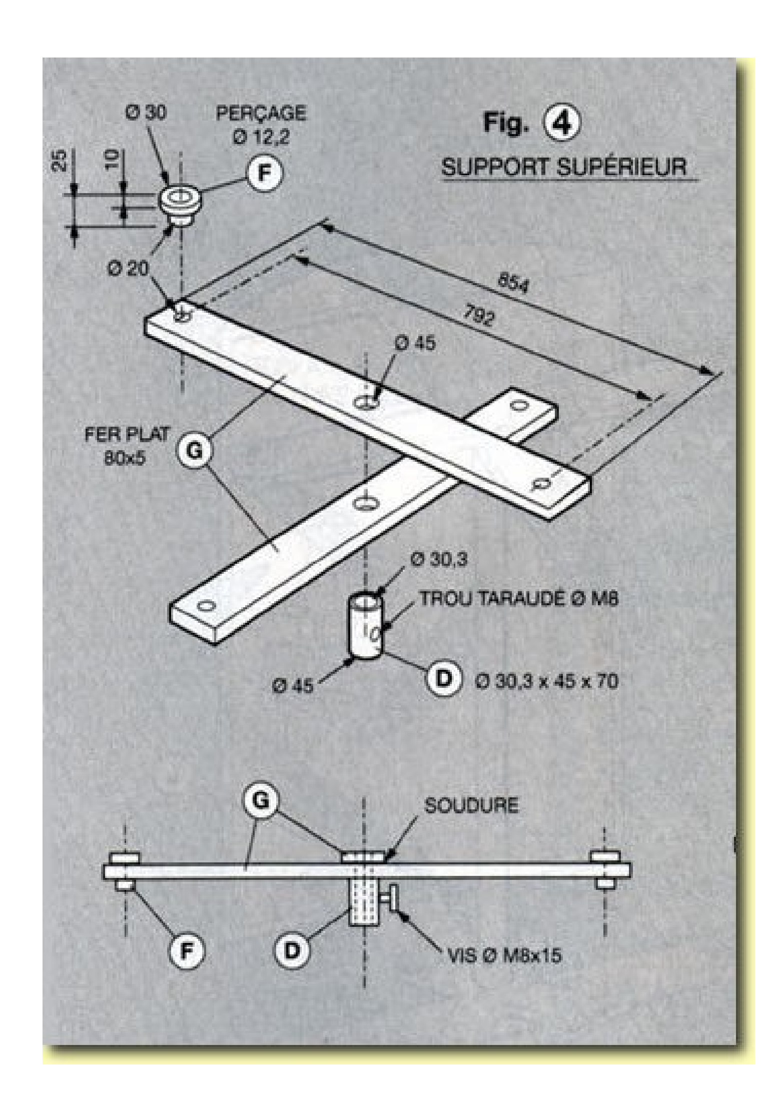



Fig. 2
90°
1000
TÔLE 20/10
A
R = 480

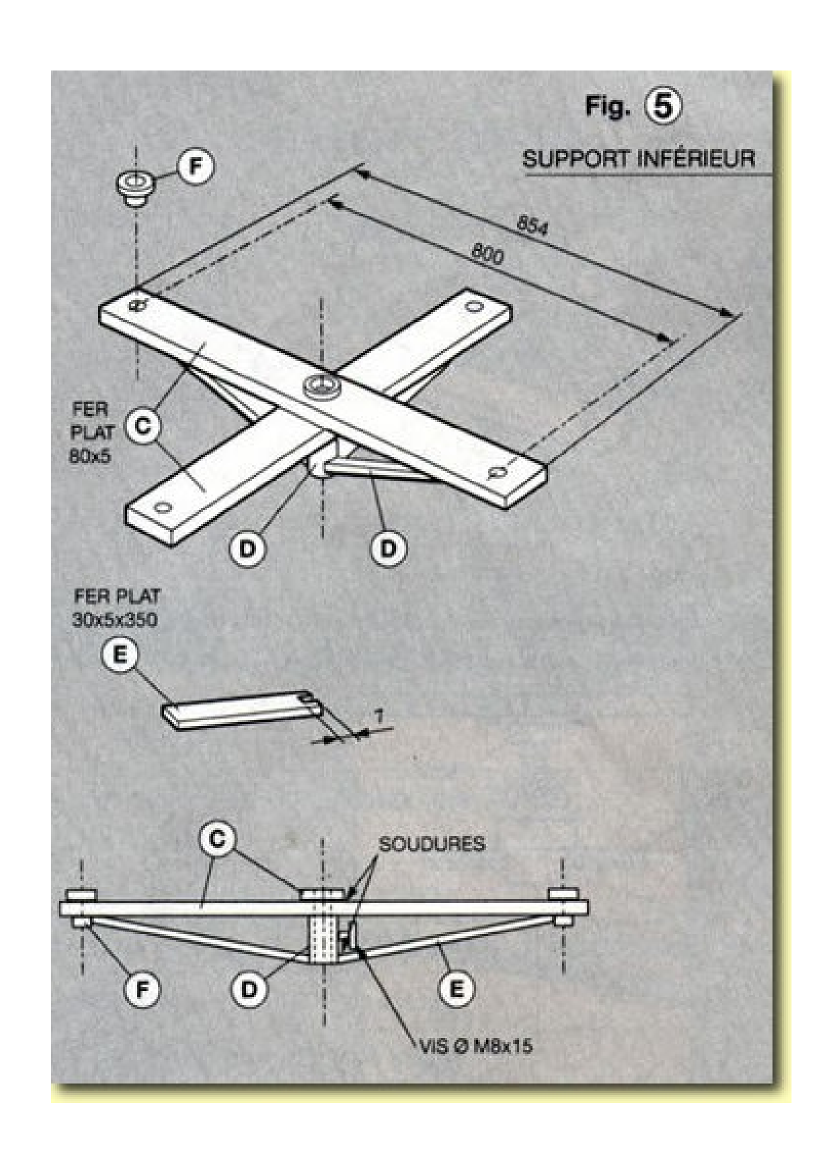

Fig. 2
90°
1000
TÔLE 20/10
A
R = 480

Les supports de pales

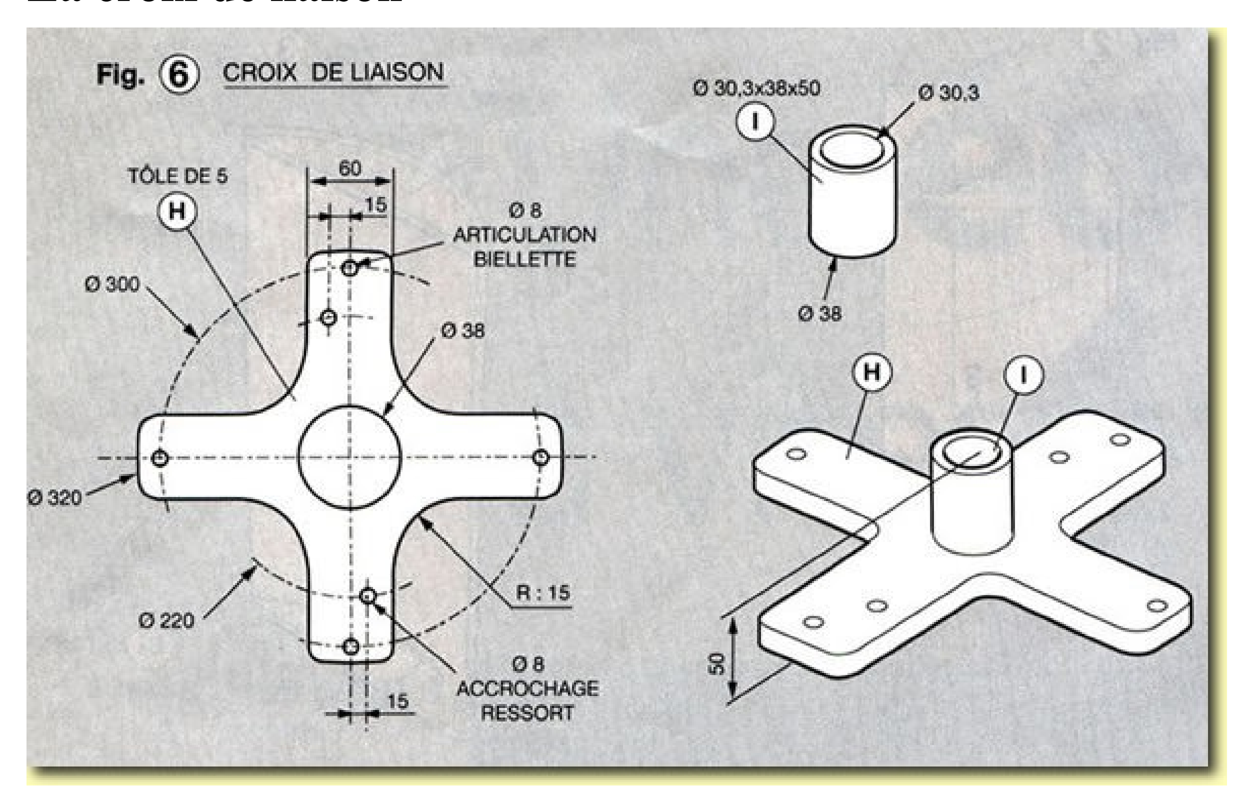
Support inférieur



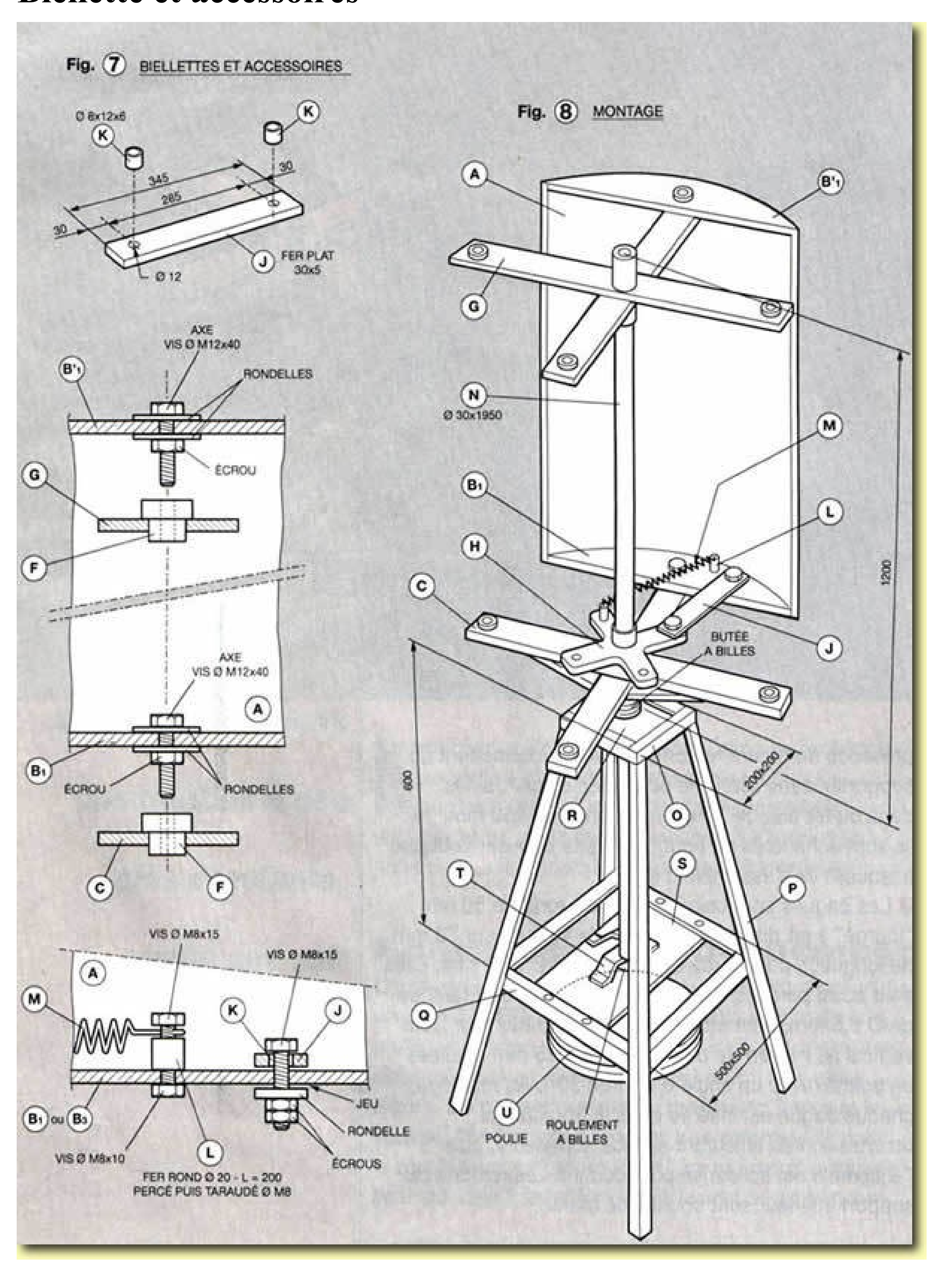
Support supérieur



La croix de liaison



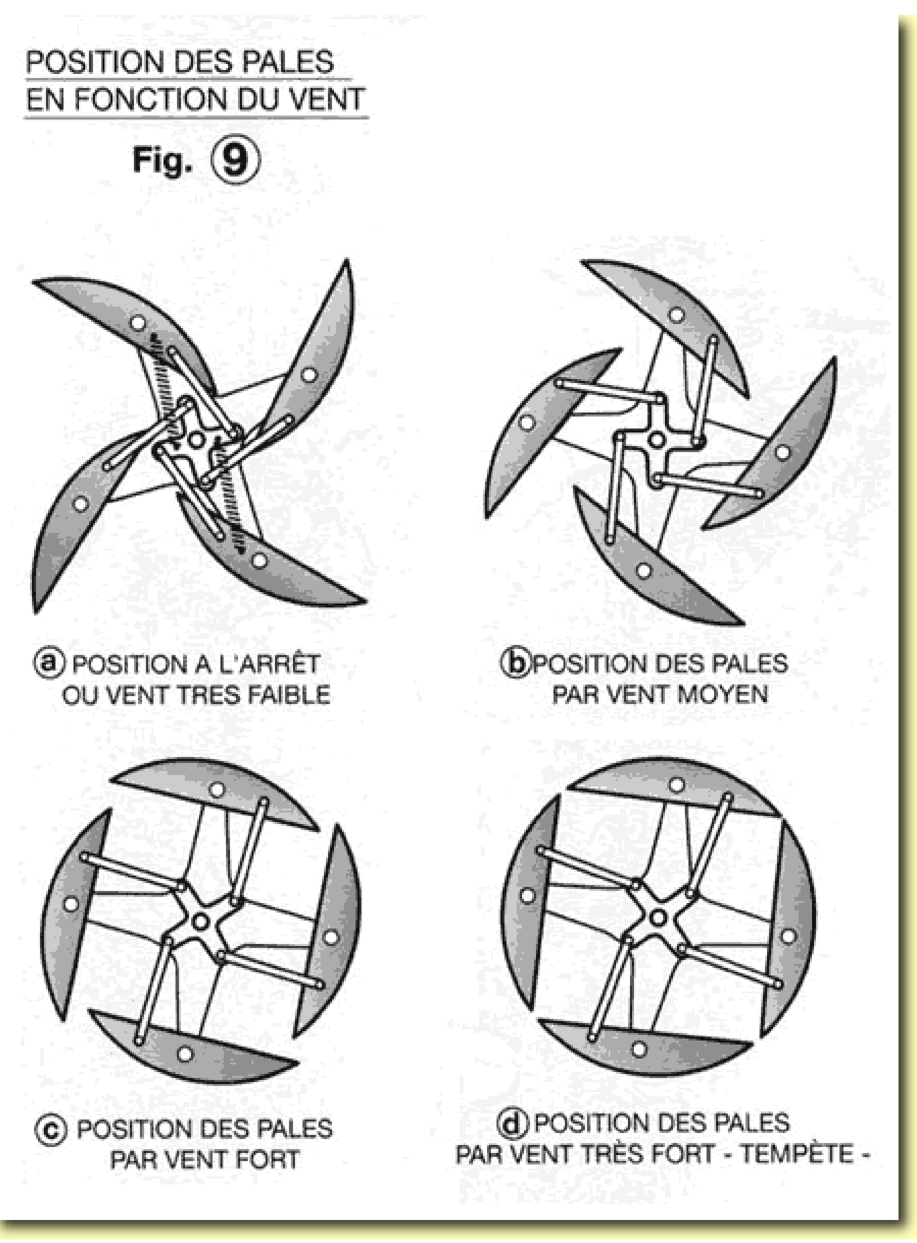
Biellette et accessoires



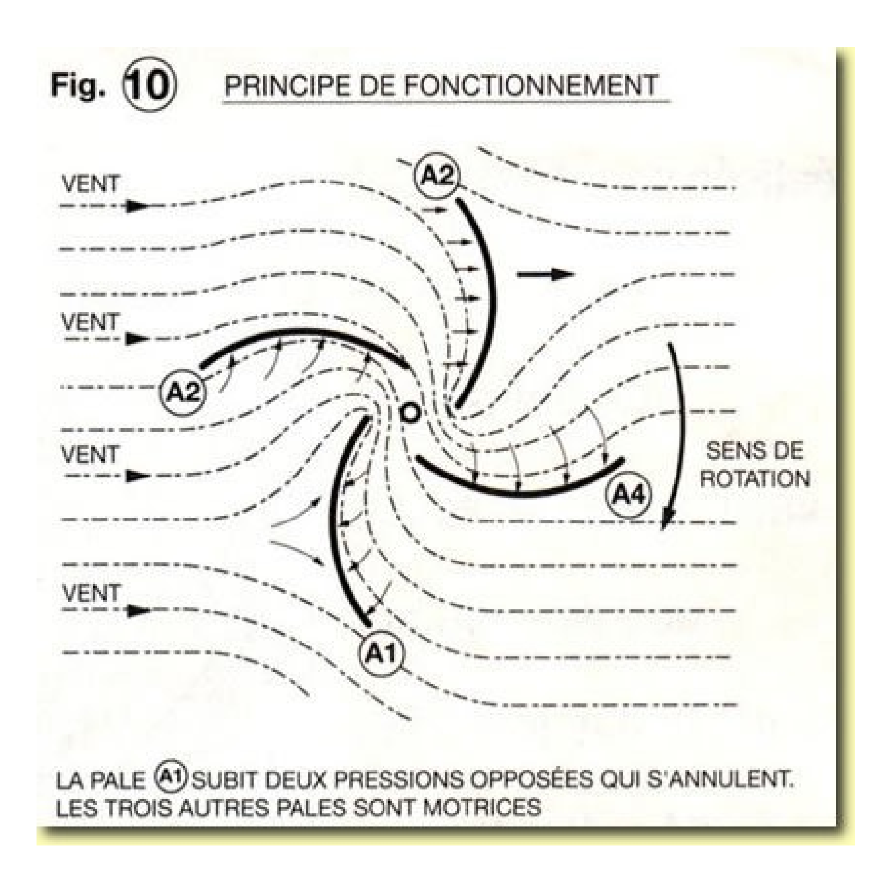
Le socle

Il se compose de quatre pieds reliés par deux plateformes.

Position des pales en fonction du vent



Principe



Pour la suite

Pour que l'éolienne puisse faire tourner un alternateur il faut rajouter une poulie U à gorge trapézoïdale sous la plate forme inférieure. Il suffit de la fixer sur l'axe N et de rajouter une courroie qui fera tourner un alternateur de votre choix. Pour réduire le coût, nous vous conseillons de récupérer un alternateur 12 volts de voiture dans une casse et de le modifier en suivant la documentation technique. Vous pouvez aussi récupérer un générateur sur un petit groupe électrogène.

Lire ou poster un commentaire

Lecture complémentaire :

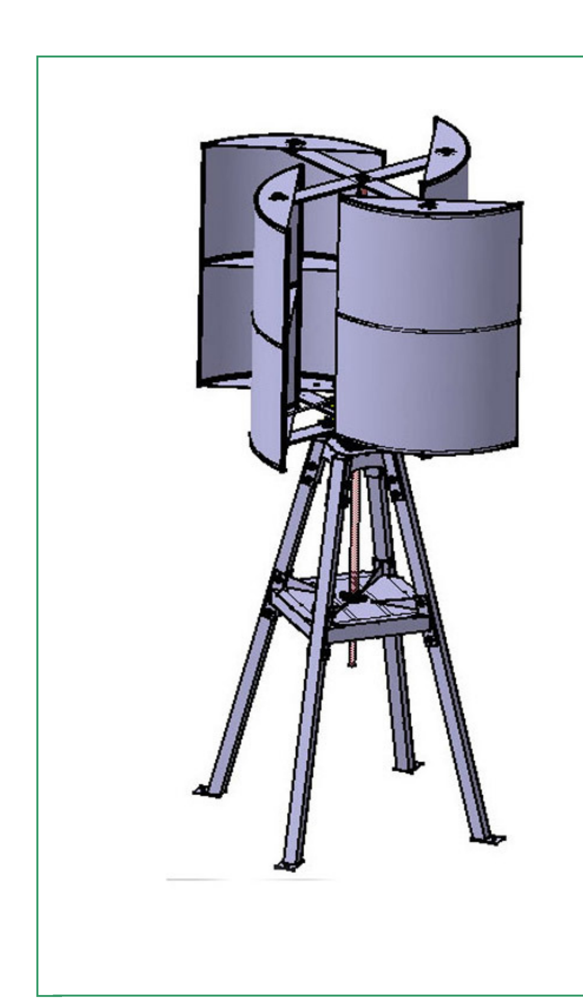
- [Article] L'éolienne à axe vertical
- Le new-look de l'éolien américain, article paru sur Rue89

Source :

- Fiche technique issue du site Surréaliste.org

L'éolienne à axe vertical...

L'éolienne à axe vertical...





...Du papier à la réalité...

...Du papier à la réalité...

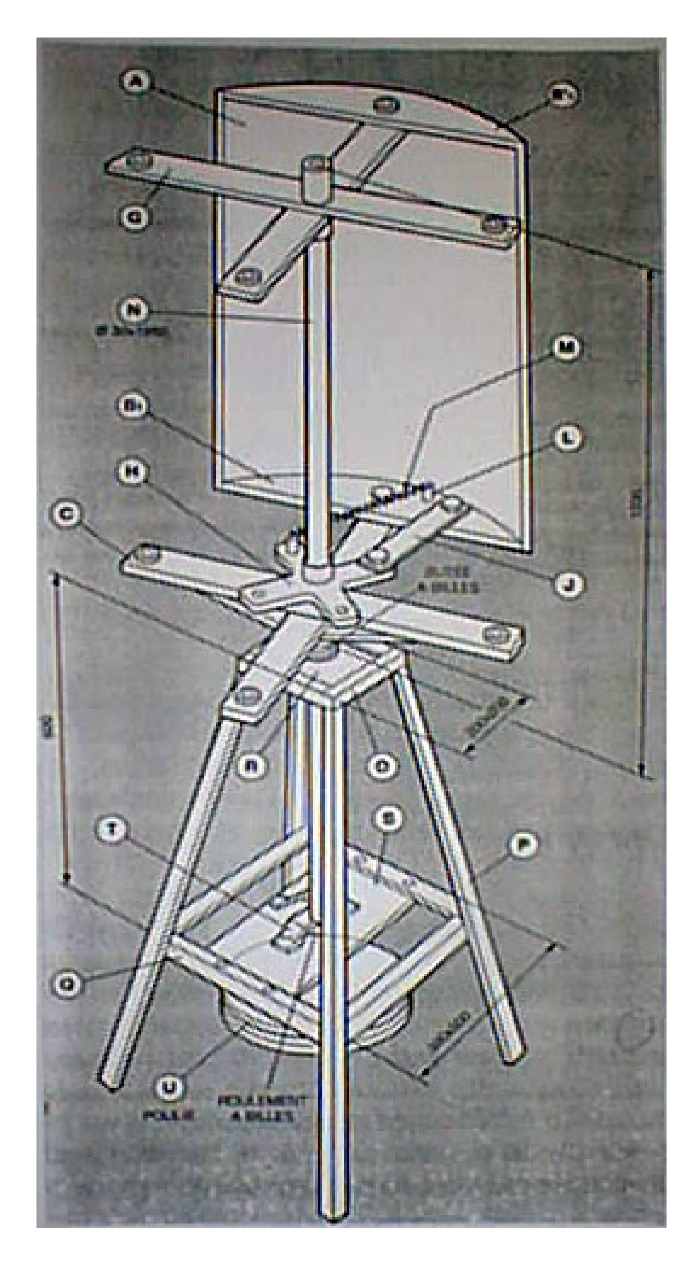
Nous souhaitons tout d'abord remercier l'ensemble du personnel enseignant. En particulier : M. ANTOINE, M. BIDOLI, M. BLANDY, M. BRICHARD, M. FERRET, M. LABEILLE, M. MAUREL, M. PERIE, M. PIQUET, M. RENAUX, M. ROUDET et M. ROUX , sans oublier le personnel technique et M. FUSSEL sans qui le projet n'aurait pas été réalisable.

SOMMAIRE

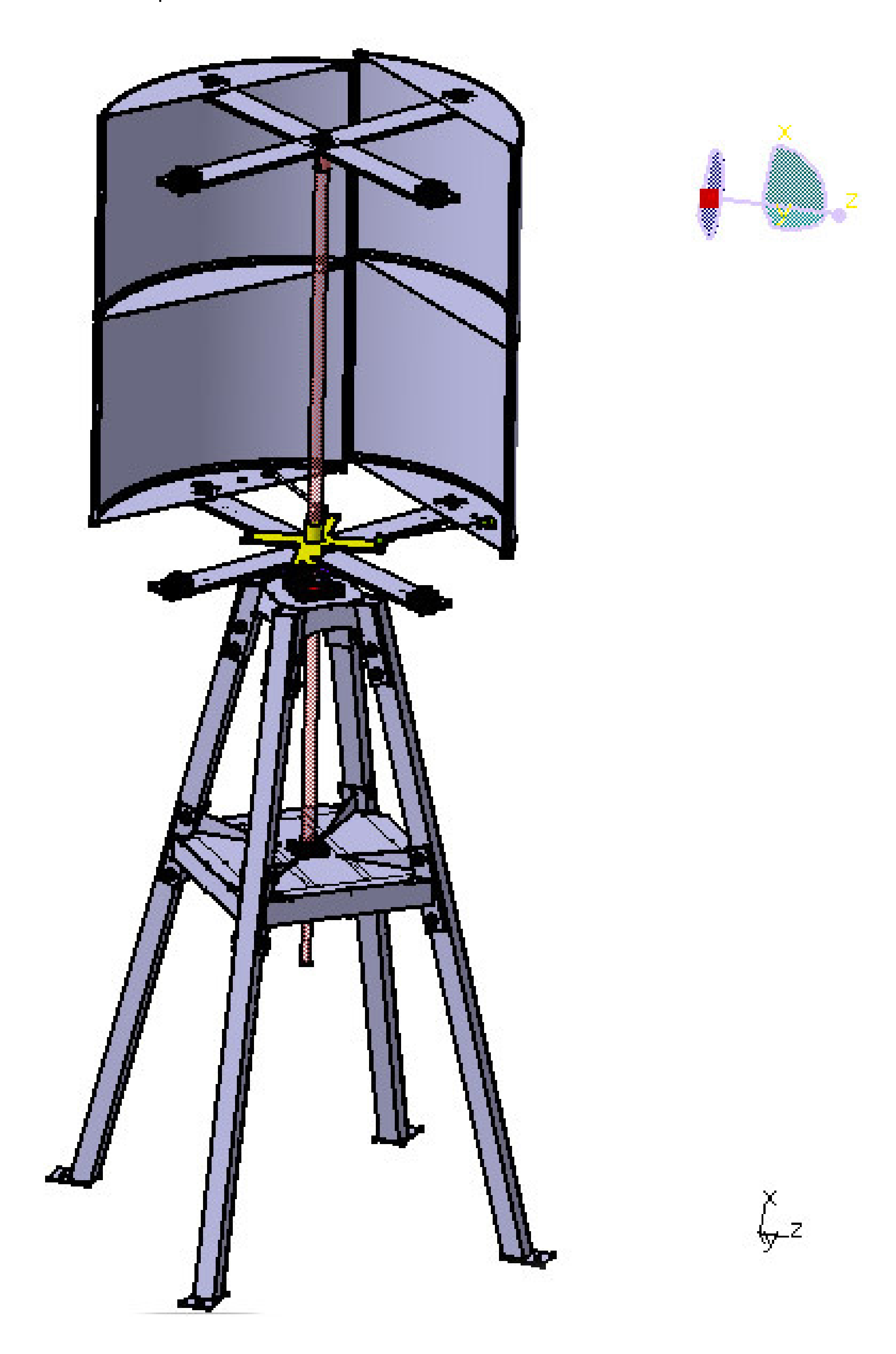
1. Introduction

L'énergie éolienne est une énergie gratuite que tout le monde peut exploiter. Cette énergie, qui est de surcroît écologique et renouvelable, d'où son nom d'ENR, nous a donné l'envie de réaliser une éolienne.
Suite à notre première lettre de motivation, nous avons entrepris, comme prévu, les recherches nécessaires à l'obtention des plans de mécanismes déjà existants, ceux-ci nous servant de base de départ.
Nous avons ainsi trouvé des plans à notre convenance, dans le magazine « Bricothèmes ». Ce dont nous sommes partis est une éolienne à axe vertical de type « Darrieus », du nom de son inventeur.

Voici donc de quoi nous sommes partis…



… Pour en arriver après maintes modifications au résultat suivant :



Modèle réalisé à l'aide de l'outil C.A.O Catia V5 R8
Licence délivrée à l'I.U.T. G.M.P Toulouse par Dassault System

Pourquoi une éolienne de ce type ?

Nous avions pour objectif de réaliser une éolienne accessible au grand public : les mécanismes utilisés devaient donc être aussi simples à mettre en œuvre que possible.
En voici les principaux avantages et inconvénients :

Avantages	Inconvénients
-Pas de dispositif d'orientation nécessaire -Couple élevé en sortie d'arbre. -Prise au vent élevée de par la surface des pales -Contraintes sur les paliers et l'axe moins importantes	-Couple au démarrage élevé -Rendement modeste

Ce que nous vous proposons est de découvrir avec nous les différentes étapes de notre projet, de sa conception à sa réalisation : du papier à la réalité.

2. La Conception

Cette partie vise à montrer quelles ont été les démarches nécessaires à l'amélioration des points faibles des plans originaux.

2.1. Cahier des charges

L'éolienne conçue doit répondre au cahier des charges suivant :

Objectif :

Réalisation d'une étude mécanique concernant une éolienne à axe vertical. Cette éolienne sera exploitée à Perpignan et devra résister aux conditions climatiques de son lieu d'implantation.

Le champ et les limites de l'éolienne :

- Les pales tourneront autour d'un axe vertical monté sur un socle démontable. Quatre pales en forme de godet tournent sous l'action du vent, elles se placent automatiquement dans la meilleure position en fonction de sa force et donne ainsi une vitesse constante à l'axe de rotation.

Lorsque le vent sera de forte intensité, les pales tendront à se refermer jusqu'à leur fermeture complète en cas de vent violent.

- L'éolienne entraînera un générateur de courant ou une pompe à eau.

<u>Les contraintes sont de plusieurs types :</u>

- l'espace : un emplacement de 2m^2 (surface au sol) est nécessaire pour la sûreté du système.

- la maintenance : les composants de l'éolienne devront résister à la corrosion étant donné l'environnement salin où elle sera installée. L'entretien se limitera au graissage des paliers et à une visite périodique des différents éléments.

- le budget : les matériaux (brut de sciage, pliage, etc…) seront acquis à la fois par le biais du département mais aussi sur fonds propres en ce qui concerne, par exemple, l'achat des éléments roulants. Les coûts sont estimés à 400 € TTC.

<u>Les moyens</u> :

- délais: ce projet sera réalisé en un temps imparti de sept mois (octobre 2002 à avril 2003). En voici le planning prévisionnel :

Septembre Octobre 2002	Acquisition de la totalité des matériaux (liste à disposition) et étude du procédé de fabrication des demi-lunes (renforts). Début de la modélisation complète.
Novembre Décembre 2002	Suite et fin de la modélisation complète. Modélisation et fabrication des pâles.
Janvier Février 2003	Travaux de fraisage et tournage sur les supports, croix de liaison, axe principal, etc.
Mars Avril 2003	Travaux multimédias sur la page Internet et montage complet de l'éolienne. Essais et contrôles de la puissance et de la charge des batteries en dernier lieu.

- Les participants : trois étudiants de deuxième année de l'IUT GMP Toulouse : CARLES Florian (C2), FUSSEL Etienne (A2), SYLVIE Fabrice (F2).

2.2. Calculs préliminaires

2.2.1. Calcul théorique de la puissance et du couple

Voyons quelle est l'énergie fournie par le vent :
On a :

$$Ec = \frac{1}{2}.m \bullet v^2$$

Avec v : vitesse de l'air
m : masse du volume d'air $\rho \bullet s \bullet v$.

De plus, on sait que P= $\Delta Ec = \frac{1}{2}.m \bullet \Delta v^2$

On obtient donc P=$\frac{1}{2}.\rho \bullet s \bullet \Delta v^3$

➔ Puissance maximale récupérable :

On a :

$$\dot{W} = \vec{F} \bullet \vec{v} = \rho \bullet s \bullet v^2 (\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$$

$$\dot{W} = \frac{1}{4} \bullet \rho \bullet s \bullet v^3{}_1 (1+k)^{3(1-k)}$$

Avec k = $\frac{v_2}{v_1}$

Le maximum de cette fonction est atteint pour k=1/3.
On en déduit alors :

$$\dot{W}_{max} = \frac{16}{27}(\frac{1}{2} \bullet \rho \bullet S \bullet v_1^3),$$

Soit 16/27 de P.
Ce rapport 16/27 est appelé coefficient de puissance maximale, soit Cp_{max}.
On peut alors en conclure que la puissance se calcule de la façon suivante :

$$P = \frac{1}{2} Cp \bullet S \bullet \rho \bullet v^3$$

Nous prendrons pour nos calculs suivants les valeurs fournies par le constructeur initial soit 700W vu que nous ne pourrons déterminer le Cp réel de notre éolienne que lorsque celle-ci sera montée.

➔ Calcul du couple :

Il nous faut ici définir au préalable ce qu'est le paramètre de vitesse λ
On a :

$$\lambda = \frac{u}{v}$$

Avec u=rω et
v= vitesse du vent.

Pour déterminer le couple délivré par notre éolienne, nous utiliserons la formule suivante :

$$P = C\omega$$

Il nous faut donc trouver ω , ce que nous allons faire par l'intermédiaire de λ.

Le paramètre de vitesse de notre éolienne a été obtenu d'après les valeurs expérimentales obtenues en soufflerie par les étudiants de l' ENSEEIHT (le notre n'étant pas encore définissable).
Nous avons, pour une puissance de 700W, un Cp de 0.054. Par lecture graphique des courbes qu'ont obtenus les étudiants de l'ENSEEIHT lors de leurs essais en soufflerie, on trouve $\lambda = 0.14$

De ceci nous sortons ω :

$$\omega = \frac{\lambda v}{r}$$

$$\omega = \frac{0.14 * 28}{0.48} = 8.17\ rd \cdot s^{-1}$$

On utilise une vitesse de vent élevée simulant des conditions défavorables.
Des calculs précédents, on déduit que :

$$C = \frac{P}{\omega}$$

$$C = \frac{700}{8.17} = 85.7\ N.m$$

2.2.2. Calcul des efforts appliqués aux pales

➔ Efforts appliquées en cas de fort vent :

Afin de connaître les valeurs des forces de portance et de traînée exercées sur une pale, nous avons fabriqué une maquette de pale à l'échelle 1/11 (contraintes dimensionnelles liées à la section de la veine de la soufflerie) et l'avons testée en soufflerie.



Hypothèse :

- le type d'écoulement en soufflerie sera considéré comme étant identique à celui in situ.
- on isole une pale : la recirculation de l'air est négligée de même que les actions appliquées à l'instant t sur les autres pâles.
- l'orientation est constante par rapport au vent (pas de variation de la géométrie du rotor).

La campagne de mesures effectuée et jointe en annexe s'utilise de la façon suivante :

1) Mesure de la portance et de la traînée à l'échelle 1/11 grâce à la balance aérodynamique.

$$Rz = m_z \bullet g\,(N)$$
$$Rx = m_x \bullet g\,(N)$$

2) Détermination des Cx et Cz (coefficient de traînée et de portance). Ces coefficients étant sans dimension, ils sont utilisables quelle que soit l'échelle de la maquette.

$$Cz = \frac{2 \bullet Rz}{\rho \bullet S \bullet v^2}$$

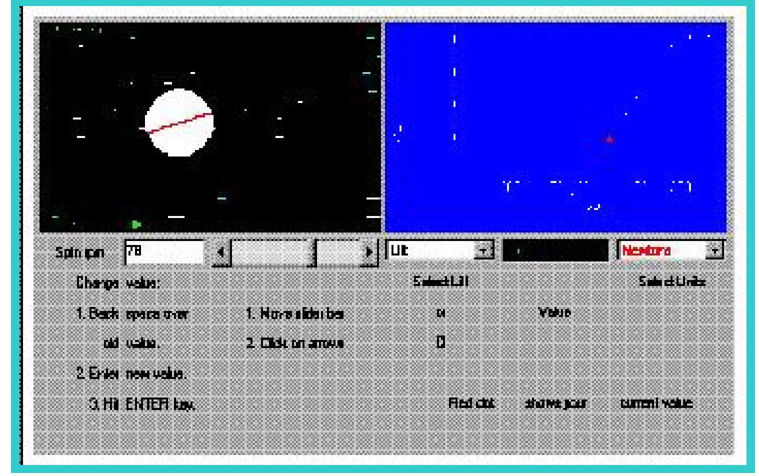
On procède de même pour Cx.

3) Ces valeurs de Cx et Cz trouvées sont ensuite réinjectées dans les mêmes formules mais avec les dimensions réelles.

De cette façon, avec la vitesse de vent maximale qui peut être fournie par la soufflerie (22 m.s-1), on obtient :

$$Rz = 370.60\ N$$
$$Rx = 118.08\ N$$

4) En plus des efforts de portance et de traînée exercées sur la pale, il existe un autre effort moins connu appelé effort Magnus. Celui- est généré par un cylindre en rotation qui provoque alors une circulation d'air autour de lui et par la même, une portance. Ce cas s'applique à notre éolienne en cas de fort vent, lorsque celle-ci se referme et peut donc s'apparenter à un cylindre.



Soufflerie virtuelle sur le site internet de la Nasa

Cette portance, que l'on appellera L se calcule de la façon suivante :

$$L = \rho \bullet G \bullet v_{air}\ (N/m)$$

G caractérise le tourbillon et vaut :

$$G = 2\pi \bullet r \bullet v_r$$

<u>Avec</u> r : rayon du cylindre (m)

$v_r = 2\pi \bullet r\omega$ (m/s)

L'application numérique nous donne

L = 2002 N/m

Soit 2002 N pour notre éolienne dont les pales font 1m. Cette valeur ne sera cependant atteinte que très rarement et reste théorique. Nous nous servirons à l'avenir des calculs effectués dans le cadre de la soufflerie.

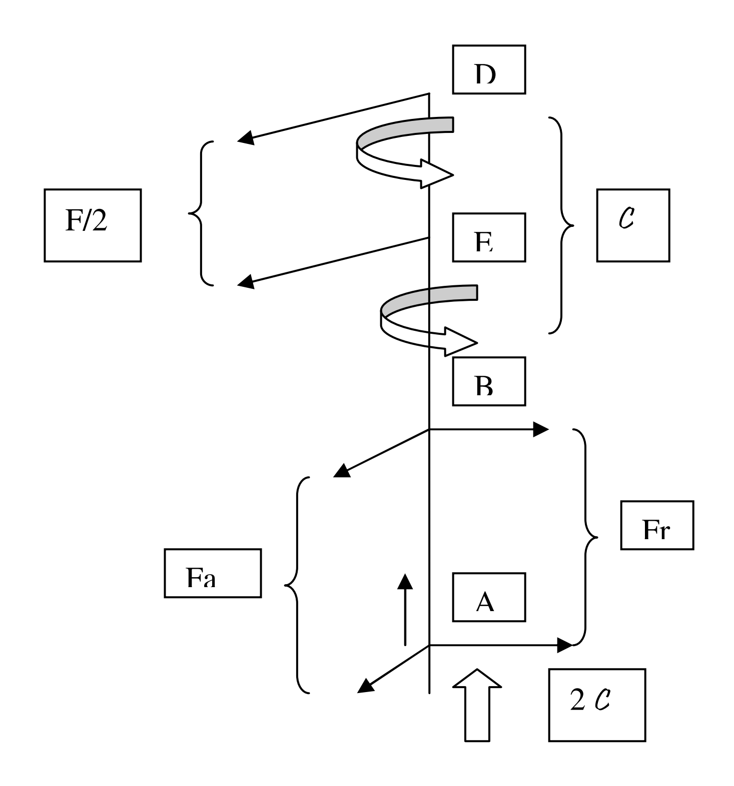
2.2.3. Dimensionnement de Structures et Conception Mécanique

Nous décrirons ici la méthode de que nous devrions utiliser afin de déterminer les efforts appliqués sur l'axe de même que la durée de vie des roulements utilisés.
Nous ne pourrons malheureusement pas réaliser cette étude jusqu'au bout par manque de temps et de moyens informatiques (RDM 6).
Nous commencerons tout d'abord par représenter les roulements de la façon suivante :

B

A

Ce schéma technologique traduit le fait qu'un des deux roulements reprend les efforts axiaux et radiaux (en l'occurrence le roulement de diamètre 20 grâce à l'épaulement de l'arbre). L'autre ne reprend que des efforts axiaux.
Sachant ceci et en isolant l'axe de l'éolienne, on peut en déduire le bilan des actions mécaniques extérieures exercées sur l'axe :



Ramenons ensuite ce problème au modèle poutre que nous avons étudié en DDS, hypothèse faisable car ici $\Phi << l$.

Nous obtenons alors deux poutres du fait de l'épaulement.

Ce modèle poutre, associé au fait que l'on considère les moments quadratiques des poutres constants, sera rentré dans le logiciel RDM 6.

On affectera ensuite les matériaux à la poutre et on définira ses caractéristiques : Re, Rr,...

La définition des liaisons A et B donnera les efforts appliqués en ces points. Par là même, nous pourrons déterminer le diamètre minimal de notre axe.

Pour les raisons évoquées plus haut, nous ferons confiance aux plans originaux.

➔ Calcul de durée de vie.

Les calculs suivants permettent d'approximer la durée de vie des roulements.
On a :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n$$

Avec P = charge équivalente
C= charge dynamique
n = 3 pour les roulements à bille

Nous pouvons effectuer ces calculs dans le cas des pivots de pale :
C, déterminée par lecture d'abaques, vaut 770 daN.
De plus, on a ici

$$\frac{Fa}{Fr} \leq e$$

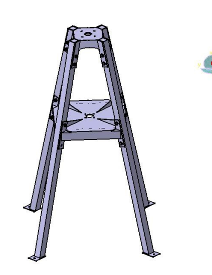
Donc, P= Fr = Rz, portance que subit la pale.

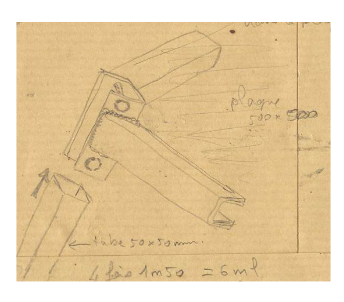
On en déduit :

$$L_{10} = \left(\frac{7700}{370 \ .6}\right)^3 = 9012 \quad \text{millions de tours}$$

2.3. *Modification des plans originaux*

Comme dit dans l'introduction, les plans que nous avons trouvés ne nous ont servi que de base. Nous y avons apporté plusieurs modifications pour les rendre dignes d'un technicien de génie mécanique et non de bricoleurs amateurs.

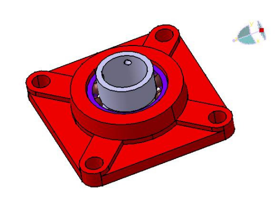




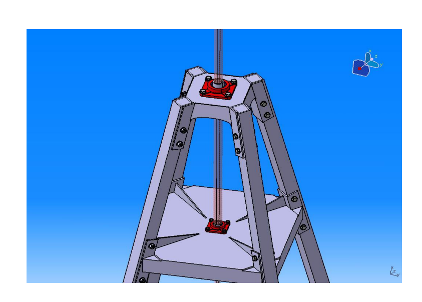
- Ces modifications ont commencé par le socle. Celui d'origine n'était pas démontable, ce qui posait le problème du transport. Ce problème a été résolu en séparant le socle en six parties distinctes, quatre pieds et deux plateaux montés à l'aide de vis M 10 et d'écrous. Les plateaux sont réalisés entièrement en soudure à laide d'UPNs et de plaques sur lesquelles sont soudés des renforts en T.



- Les liaisons pivots entre la pale et les supports étaient préalablement réalisées par l'intermédiaire de vis et de bagues de nylon. Cette liaison était sujette à une usure rapide causée par le filetage de la vis sur le nylon, d'autant plus que ces vis étaient fixées par de l'époxy (l'époxy provoque lui-même une usure prématurée du nylon) nous avons donc décidé de réaliser cette liaison grâce à un montage simple de roulement : la pâle est monté sur un axe, lui-même monté serré dans un roulement. Ce roulement est glissé dans une cage et a pour arrêts axiaux deux circlips. La MAP de l'ensemble se fait grâce à des vis M8, serrées de part et d'autre de l'axe. Ce montage a pour avantage, non seulement de limiter l'usure mais aussi d'améliorer la liaison pivot étant donné que les frottements de la vis sur la bague sont supprimés. Ce montage et certes hyperstatique mais il est nécessaire du fait de la souplesse des pales (analogie avec un tambour de machines à laver).

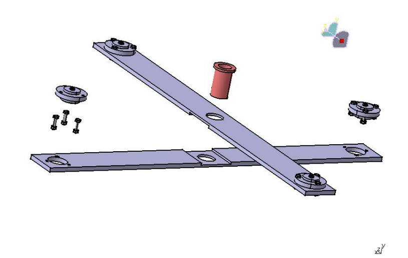


- L'axe de notre éolienne a été totalement repensé : au lieu du simple roulements et de la butée à bille proposée, nous avons opté pour des paliers rotulés permettant ainsi une meilleure reprise des efforts radiaux mais aussi et surtout, de par leur rotulage, un décalage axial entre les deux paliers. Le montage est alors simplifié: moins de précision est alors nécessaire pour des résultats équivalents.



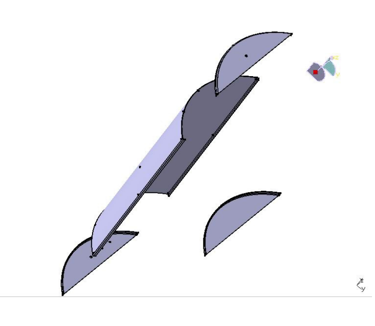
- Nous avons décidé que le roulement du plateau bas reprendrait les efforts axiaux (pour éviter d'avoir à usiner une longue cote avec une tolérance serrée) d'où l'épaulement d 20 - D30.

- De plus, cet arbre doit réaliser la liaison entre l'éolienne et un éventuel récepteur. La solution que nous avons retenue est l'utilisation d'une poulie qui sera fixée par moyeu conique amovible : nous éviterons ainsi des usinages supplémentaires.



- Les supports de pales des plans originaux présentaient le défaut de ne pas avoir d'auto localisation. Ceux-ci, lorsqu'ils étaient soudés pouvaient alors engendrer un défaut de perpendicularité. Nous avons donc décidé d'usiner des rainures dans ces fers plats de façon à permettre une auto localisation. Il est à noter que ces fers plats sont surdimensionnés. Il est possible de les percer pour les alléger, ce que nous n'avons pas fait faute de temps. Cette forte épaisseur évitera cependant d'avoir à placer des renforts.

- Les liaisons pivots support/pale ne seront pas placées de la même façon sur le support inférieur et sur le support supérieur. En effet, une différence de 4 mm entre l'usinage du support haut et celui du support bas est utile pour que les pales ne se gênent pas lors de leur fermeture ou de leur ouverture.



- Pour des raisons de mise en forme et de manoeuvrabilité, nous avons choisi de réaliser les pales en aluminium et non en acier. En effet, l'aluminium est plus facile à mettre en oeuvre car plus souple. De plus, les tôles en acier auraient été soudées. Cela aurait posé problème vu que la soudure provoque une déformation des éléments soudés (risques de vrille des pales). Le choix le plus judicieux nous a alors semblé de réaliser les pales par rivetage et encollage.
La structure de la pale se décompose en deux parties : une ossature faite de trois demi-lunes et une peau représentée par la tôle en aluminium. Les demi-lunes auront le bord intérieur replié (sur 15 mm) et auront un rayon de courbure de 478 mm. La jonction entre l'ossature et la peau se fera à l'aide de colle (silicone) et de rivets JOBOLT, rivets d'utilisation courante en aéronautique et dont la résistance tant en traction qu'en cisaillement est

élevée et suffisante pour l'utilisation que nous voulons en faire (voir annexes). La colle et les rivets seront déposés sur le repli des demi-lunes.
Les extrémités longitudinales des peaux des pales seront pliées afin de rigidifier l'ensemble.

- Il aurait été judicieux de concevoir un frein à la rotation de l'éolienne afin de pouvoir l'arrêter et s'en approcher en toute sécurité. Nous pensions ici à un frein à sangle qui agirait sur l'axe.

-L'élément récepteur à la sortie de l'éolienne et laissée au choix de l'utilisateur. Celui-ci peut être de nature variée en allant de la pompe à l'alternateur en passant par le compresseur.
-L'organe de liaison sera dimensionné en fonction des performances réelles de l'éolienne déterminées lorsque celle-ci sera montée.

La conception de l'éolienne qui aura duré toute la première semaine de projet a mis à l'épreuve les connaissances que nous avons acquises au cours de nos années d'I.U.T..Il est à noter l'utilisation intensive de l'outil informatique CATIA sur lequel l'éolienne a été entièrement modélisée.
Après cette étude sur le papier passons au savoir faire avec la réalisation de l'éolienne.

3. Le savoir faire : Réalisation

Le but de cette partie est de faire connaître les différents modes d'obtention des pièces qui structurent l'éolienne. On parlera donc de l'utilisation des différentes machines-outils mais aussi de la fabrication des montages annexes nécessaires à la réalisation des sous-ensembles de l'éolienne.

3.1. Partie inférieure fixe : le socle



-Il a été réalisé pendant les vacances de Toussaint avec la participation active de Monsieur FUSSEL. Le travail effectué se résume au débit des UPN, des tubes carrés 50 x 50 de 6m, des plaques 500 x 500 x 5 et 300 x 300 x 3, ainsi que de leur soudure, perçage et assemblage.

La manipulation la plus délicate fut celle du respect de l'horizontalité des plaques inférieures et supérieures entre elles. Nous voulions ainsi limiter le porte-à-faux lors de l'installation.

3.2. Partie supérieure tournante

3.2.1. Axe





-Le magasin ne disposant pas d'un brut de diamètre 30 en acier comprimé sur une longueur de 2 m, ce dernier nous a fourni un axe non calibré de même diamètre. Ceci a impliqué un usinage supplémentaire visant la rectification du diamètre de 30 pour que l'ajustement entre le palier et l'axe soit glissant - juste (jeu presque nul).

-L'usinage comporte donc deux parties :

- rectification au diamètre de 30 pour le palier supérieur
- réduction du diamètre 30 au diamètre 20 pour le palier inférieur

L'utilisation du tour a été effectuée sous la surveillance de Monsieur BIDOLI qui nous a conseillé de monter l'axe avec un montage entre pointes (axe très long).

<u>Contraintes et problèmes rencontrés lors des usinages</u> :

-Comme les usinages ont été faits en deux fois, sur deux machines différentes il s'est posé un problème de coaxialité. Ceci a donc causé des Δdispersions (dues aux opérateurs et aux machines) qui restent cependant acceptables.
-Aussi, du fait que l'axe soit très long, il y a eu une dérive de la cote pendant l'usinage due à sa propre flexion, d'où la nécessité de faire plusieurs réglages dynamiques au cours de l'usinage.

3.2.2. Supports



-Les fers plats ont été complètement usinés sur une fraiseuse verticale. Leur montage sur la machine outil reste classique : appui plan, linéaire, butée. L'assemblage des fers plats par soudure a impliqué de fortes déformations dues à la dilatation du matériau (domaine élastique de l'acier), d'où la nécessité de les rendre plan par rapport à un marbre. On a utilisé la presse hydraulique munie d'un vieil outil pour effectuer les rectifications. La bague centrale a été tournée à un diamètre intérieur légèrement supérieur à celui de l'axe : ajustement glissant pour une facilité de montage.



-Enfin les taraudages M8 ont été réalisés au tourne gauche.

-Pour le perçage des trous de fixation des cages à roulement, on a réalisé un gabarit de perçage afin d'avoir tous les trous centrés par rapport au perçage à l'extrémité du fer plat.

3.3. Les pales et leur orientation

3.3.1. Pivots

-Ces sous-ensembles ont fait l'objet d'une sous-traitance complète lancée dès la fin de la première semaine de projet avec Monsieur ANTOINE (chef de département). Le dossier de sous-traitance est joint en annexe.

-Le montage des axes dans les roulements a nécessité une presse à emboutir.



-Les cages à roulements ont du être finalisées sur une fraiseuse verticale par l'utilisation d'un mandarin à indexer pour la réalisation des perçages de fixation.

Problème :

- dégradation de deux axes lors de leur montage à la presse, ceci impliquant un ré-usinage complet par le technicien du magasin.
- nécessité de l'ajout d'une rondelle jouant le rôle d'une cale pour surélever l'axe (conception trop rapide).

3.3.2. Croix de pivotement



-Pour la découpe assez précise des formes arrondies de cette tôle épaisse de 3 mm, on a été amenée à utiliser le poste à découpe au plasma (nouvelles machines à l'IUT depuis cette année).



-À la vue de la géométrie de la croix, pour réaliser le perçage central, on a limité le couple de perçage en plaçant une planche de bois sous la croix. De fait, le foret ne s'est pas bloqué car il a toujours eu de la matière à enlever. (Conseil préconisé par Monsieur AUGUIE).

-Les ressorts et les rotules ont été montés par serrage sur cette même croix. Les ressorts ont fait l'objet d'une manipulation spéciale consistant à la déformation à chaud de leur extrémité. On a donc pu réaliser les enroulements à la cote désirée grâce à un petit montage d'usinage respectant un écartement de 330mm entre deux axes fixes (cote ressort).

3.3.3. *Pales*

-Cette phase du projet est la plus conséquente en matière de réalisation. En effet, elle a nécessité de nombreuses heures de travail puisque la deuxième semaine de projet a été entièrement consacrée à la mise en oeuvre des quatre pales en aluminium.

-Tout d'abord, s’est posée la question du choix de la matière de la matrice à cause de la disponibilité de la machine à commande numérique. En effet, la première idée était de réaliser la matrice en aluminium sur une plaque de 25 mm d'épaisseur. Or, les impératifs d'usinage, l'immobilisation machine due au démontage complet de l'étau, nous ont orientés vers une solution plus simple.
⇨La matrice a donc été réalisée à partir d'un stratifié en bois récupéré.



- Après un premier essai de déformation par matriçage, il s'est avéré que le bois risquait de ne pas supporter la déformation des douze demi-lunes. Ainsi, on a renforcé ce montage par deux plaques de 5 mm d'épaisseur sur sa partie inférieure. On a tenu compte de la plasticité de l'aluminium lors de sa déformation puisqu'on a effectué un léger chanfrein sur la tranche. (Ce dernier, permet le respect de l'angle droit conçu en bureau d'études).

Malgré cette précaution, l'équipe a été amenée à usiner une autre pièce permettant la rectification - finition de l'angle droit désiré.



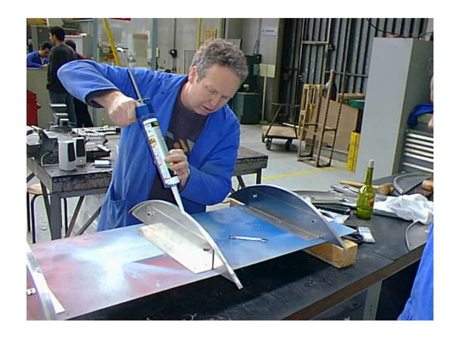
-Après le débit à la cisaille des douze demi-lunes, ce premier montage était prêt à être utilisé. On a aussi optimisé le nombre de demi-lunes par plaque en les rapprochant au maximum. Le débit à la cisaille a entraîné un facettage des demi-lunes : une opération de ponçage a été nécessaire pour l'uniformisation du rayon de l'intégralité des demi-lunes.

-Un repérage a été nécessaire pour pouvoir aligner par lot de 3 les demi-lunes (nombre par pale). On a donc utilisé les perçages du dessin de définition de la demi-lune ayant le plus de trous pour placer lesdits perçages.

-La totalité des demi-lunes étant réalisée par lot de 3, il ne manquait plus qu'à assembler la pale avec la peau en aluminium d'une surface de 0,75 m^2. Cette dernière a été préalablement déformée "à la main" au rayon des demi-lunes du fait que l'IUT ne dispose plus de rouleuse.



-Le montage définitif des pales a été réalisable par le biais d'un deuxième montage dédié, permettant la mise en position et le maintien en position des demi-lunes entre elles.



-L'encollage au silicone a été la première étape pour la dépose de la peau. Le respect de l'alignement de cette dernière par rapport à l'axe de symétrie des demi-lunes a facilité la localisation des pré-perçages nécessaires pour la pose des rivets. L'utilisation d'une perceuse pneumatique munie d'un foret spécial calibré au diamètre des rivets Jo-Bolt, nous a rappelé qu'en aéronautique les tolérances sont pointues.



-On a utilisé un autre gabarit de perçage pour respecter l'espacement angulaire constant entre chacun des rivets. Le principe du rivet Jo-Bolt est similaire à celui d'un rivet POP, à la différence qu'il se visse. Il nécessite donc un outil spécial.



-Le maintien en position de la peau sur le montage a été réalisé par trois sangles disposées au-dessus de chaque demi lune (répartition uniforme des efforts). Une légère attente après la pose des rivets, était nécessaire pour laisser "prendre" le collage avant de démonter la pâle de son montage. Une opération de nettoyage du silicone, avant séchage complet, a permis de laisser la pâle propre avant peinture.

➔ Peinture :



-Toutes les parties en acier, hormis les parties rectifiées (telle celle de l'axe) ont été protégées par une couche de peinture anti-corrosion. Pour le socle, une couche d'apprêt a été posée avant la peinture finale. Ceci répondant donc bien au cahier des charges du projet (résistance aux contraintes du milieu). En ce qui concerne la peinture des pales, elle se fera durant la dernière semaine de projet de la façon suivante:

-On disposera un ruban en forme d'hélicoïde tout autour des quatre pales, celui-ci donnant un effet de « vis sans fin » au rotor pendant son fonctionnement.

-Pour voir de quelle manière l'ensemble est monté se reporter aux annexes « réalisation » → captures d'écrans sous CATIA.

La partie réalisation a été la plus importante au niveau du temps investi de même qu'au niveau de l'encadrement.

La partie réalisation nous aura permis de faire preuve de pragmatisme (qualité demandée aux techniciens supérieurs) tout en découvrant de nouvelles techniques d'usinage.

La partie matriçage lors de la réalisation des pales, nous a sensibilisé à la conception et à la réalisation de montages d'usinage dédiés : technique encore utilisée de nos jours en aéronautique.

4. Conclusion

En plus du savoir-faire, le projet nous a amené à manier le "faire savoir". Nous avons effectivement porté nos connaissances au grand public par l'intermédiaire de l'internet. En effet, il est possible de parcourir les différentes étapes de notre projet en visitant le site Internet à l'adresse suivante :

www.everytek.com

Cette adresse a été communiquée aux diverses personnes que nous avons contactées durant toute l'avancée du projet.

En particulier, l'adresse est en lien actif sur un site de construction amateur (voir liste des sites en annexe). De plus, nous nous sommes mis en relation avec différents journaux et magazines tels que celui de l'IUT "Toutazimut", l'Indépendant (région Sud), sans oublier « Système D ».

Nous pouvons ainsi dire que le projet éolienne est un projet complet, qui a fait appel aux connaissances acquises au cours de notre formation (en particulier en D.D.S., Mécanique, S.A., F.M., B.M.).
L'expression-communication et l'anglais, ne sont pas en reste de par la médiatisation du projet.

Cependant, des améliorations peuvent être apportées à ce projet, au niveau conception et donc en réalisation. Par exemple, un système de freinage permettant l'arrêt complet de l'éolienne peut être implanté tout comme des capteurs de vitesse et d'orientation du vent etc... Un automate permettra d'effectuer des relevés périodiques relatifs à l'exploitation optimale du site éolien.
Nous laissons toutes ses nombreuses opportunités à de futurs « deuxièmes années Génie Méca » pour la construction de leur projet.

-Pour conclure, outre l'aspect pédagogique du projet, ce dernier nous a appris à travailler les relations humaines de même que la gestion du travail d'équipe, et ce au travers d'un objectif commun.

Aussi, une organisation des divers emplois du temps a été nécessaire afin d'établir les capacités de travail de chacun. Nous avons ainsi pu respecter les délais impartis, respectant, malgré quelques aléas imprévisibles, le planning que nous avions prévu.

Il ne faut pas oublier de la pensée philosophique du jour :

La meilleure énergie est celle que l'on économise !

BIBLIOGRAPHIE

- **« Guide de l'énergie éolienne » collection Etudes et Filières**
- **Système solaire n° 110 → Eolien : La Croissance**
- **Principaux sites Internet consultés :**

  ☞ www.perso.wanadoo.fr/ebonys

  ☞ www.geocities.com/jlonghead/eolienne/

  ☞ www.suivi-éolien.com

  ☞ www.compagnon-éole.org

  ☞ www.ademe.com

  ☞ www.éole.org

  ☞ www.grc.nasa.gov

  ☞ **Sites du sénat français et du ministère de l'environnement**

- **La Dépêche du Midi**
- **Magasine Silence n°289 novembre 2002**
- **Prospectus EDF juillet 2002**
- **« Eoliennes et aérogénérateurs » de Guy CUNTY édition EDISUD**
- **Encyclopédie Encarta 2002**
- **Le quotidien Le Monde**
- **Système D « Bricothèmes » n°38**
- **« Guide des sciences et technologies industrielles » de Jean-Louis FANCHON édition NATHAN**
- **« Guide du technicien en productique » de A. CHEVALLIER et J. BOHAN édition HACHETTE**

ANNEXES